

УДК 338.45:620.9(477)

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.204.256-265>**Римар Р.В.**Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій ім. С.З. Гжицького**Rymar Roman**Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies of Lviv<https://orcid.org/0009-0005-1930-4666>**Сиротюк Г.В.**

кандидат економічних наук

Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій ім. С.З. Гжицького**Syrotyuk Hanna**

PhD. in Economic Sc.

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies of Lviv<https://orcid.org/0000-0002-8740-7959>

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТІ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ

Стаття присвячена аналізу економічних можливостей біоенергетики в забезпеченні стабільного функціонування енергетичного сектору, який є запорукою функціонування економіки України. Розглянуто зміни в структурі генерації та постачання, імпортозалежність, експортний потенціал. Наголошено на можливостях біоенергетики для локального виробництва, використанні біомаси для покриття енергопотреб. Проаналізовано кількісні показники, види енергії, тренди, перспективи. Висвітлено конкуренцію з іншими відновлювальними джерелами енергії, перспективи біометану, його експортний потенціал і вплив на ринок праці. Підтверджено, що біоенергетика є важливим чинником стабільності та диверсифікації. Встановлено перспективність ринку біометану, збільшення виробництва рідкого палива та доцільність когенерації, кластеризації, потребу в удосконаленні законодавства.

Ключові слова: біоенергетика, біомаса, економіка, рентабельність, енергетика, сталий розвиток, диверсифікація, енергетична безпека, відновлювальні джерела енергії.

ECONOMIC ASSESSMENT OF THE STATE AND PROSPECTS OF BIOENERGY DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF DIVERSIFICATION OF THE ENERGY SECTOR OF UKRAINE

The article focused on the analysis of the economic opportunities of bioenergy and its main components in ensuring the stable functioning of the energy sector, which is crucial to the functioning of the Ukrainian economy. The reasons for changes in the structure of energy generation and supply, dependence on imported supplies, and export potential are considered. The opportunities of bioenergy that can provide local production are emphasized, and the possibilities of using biomass to meet the needs of the economy in various types of energy are investigated. The current state of development of bioenergy is analyzed, including quantitative indicators of biomass potential, types and volumes of energy produced, trends and prospects of individual areas. The issue of competition of bioenergy in the field of electricity generation with other sources of renewable energy is highlighted. A review of the potentially promising direction of biomethane production is carried out and its export potential is outlined. The issue of profitability for individual components of the sector is considered, and an assessment of the impact of the development of the bioenergy industry on the labor market is carried out. The study confirms that bioenergy is an important factor in supporting economic activity by maintaining supply stability and expanding diversification. The economic prospects of developing biomethane production and increasing its export potential in the context of the economic integration process with the European Union are established, and the potential for increasing liquid fuel production and electricity generation is also identified. The

© Римар Р.В., Сиротюк Г.В., 2025

economic feasibility of using the cogeneration approach and clustering of the bioenergy sector is highlighted. Significant progress in the development of bioenergy in recent years and the need for further improvement of the legislative framework and incentives from the state are emphasized. Emphasized and summarized the influence of bioenergy across three interconnected levels: the biomass production level, energy producing and at the state level.

Keywords: bioenergy, biomass, economy, profitability, energy, sustainable development, diversification, energy security, renewable energy sources.

JEL classification: Q42, Q48, Q13, Q56.

Постановка проблеми. Екстраординарні зовнішньополітичні обставини зумовлюють те, що сучасний енергетичний сектор України стикається з численними викликами, включаючи критичну залежність від традиційних джерел енергії, руйнування енергетичної інфраструктури та необхідність переходу до більш сталих та екологічно чистих технологій.

Військові дії суттєво загострили питання диверсифікації постачання енергії різного виду. З початком військових дій було розірвано ланцюжки постачання, зруйновано частину інфраструктури й гостро постало питання постачання паливно-мастильних матеріалів. Протягом років військових дій було значною мірою зруйновано систему виробництва та постачання електроенергії, міграція населення призвела до дефіциту кваліфікованих працівників, відбулось обмеження доступу до фінансових ресурсів [1]. Поєднання обмеженості виробництва енергії всередині країни з руйнуванням інфраструктури, призвело до вагомих структурних деформацій економіки та спонукало до інтенсифікації диверсифікації її постачання.

На цьому фоні спостерігалось зростання зацікавленості у використанні альтернативних та відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), включно з біоенергетикою. Особливої актуальності розвиток останньої набуває в контексті європейської інтеграції України та наближення до європейських стандартів енергетичної та екологічної політики. Європейський зелений курс (European Green Deal) та план REPowerEU встановлюють амбітні цілі щодо декарбонізації економіки та підвищення енергетичної безпеки через розвиток відновлюваних джерел енергії, включаючи біоенергетику.

Отже, для ефективного функціонування економіки та забезпечення життєдіяльності країни необхідно провести ретельний аналіз ефективності та перспективності біоенергетики та її складових, які дозволять зменшити залежність від імпортованих ресурсів, диверсифікувати внутрішнє виробництво, впровадити економічно-обґрунтовані підходи для сприяння розвитку біоенергетики як органічної складової економічної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика розвитку біоенергетики в Україні та світі активно досліджується вітчизняними та зарубіжними науковцями. Питання енергетичної безпеки та економічних аспектів розвитку біоенергетики досліджували Фурман І., Ксенчин Д. [2] які підняли питання створення біоенергетичних кластерів в країнах ЄС, представили ключові теоретичні основи розвитку біоенергетики та окреслили основні перспективи створення біоенергетичних кластерів, надали пропозиції для державного стимулювання сектору. Лутковська С. та

Зеленчук Н. [3] проаналізували взаємозв'язок між розвитком біоенергетики та енергетичною й економічною безпекою України в умовах сталого розвитку, привели основні бар'єри та шляхи їх подолання. Коломієць Т. [1] досліджував можливості та переваги виробництва біопалива в умовах військового стану, його переваги для економіки, та дійшов висновків про перспективність даного виду виробництва палива. Міжнародний досвід розвитку біоенергетики та його застосування в Україні досліджував Бегун С. [4], акцентуючи увагу на успішних практиках країн ЄС та можливостях їхньої адаптації до українських реалій. Калетнік Г. та Пришляк Н. [5] проаналізували світові тенденції, види використовуваної сировини, розглядали розвиток галузі біопалива як визначальний фактор сталого розвитку України через три сценарії розвитку та провели SWOT аналіз розвитку галузі виробництва біопалива в Україні. Значну увагу в наукових дослідженнях приділено технологічним аспектам виробництва біопалива, зокрема Гелетука Г., який в тому числі провів детальну оцінку потенціалу біомаси та його структури в Україні до 2050 р., здійснив оцінку прогнозів виробництва рідких біопалив та біометану, проаналізував потенційні бар'єри, які можуть стати на заваді прийнятим сценарієм [6]. Важливе значення для розуміння міжнародних тенденцій розвитку біоенергетики мають статистичні звіти Європейської Біогазової Асоціації [7,8], Всесвітньої біоенергетичної асоціації (WBA) [9] та аналітичні матеріали Міжнародного енергетичного агентства (IEA) [10], які надають інформацію про поточний стан та динаміку розвитку галузі у світі та окремих країнах. Вищезгадані джерела дозволяють оцінити міжнародний поступ галузі біоенергетики, оцінити місце України в ньому та виявити тренди розвитку. Вагомий внесок у дослідження потенціалу біоенергетики в Україні зробили експерти Біоенергетичної асоціації України, які розробили та представили «Дорожню карту розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року і План дій до 2025 р.» [11].

Незважаючи на численні праці науковців, необхідний загальний аналіз та подальші дослідження із врахуванням останніх змін на цьому динамічному ринку для оцінки подальших можливостей біоенергетики по диверсифікації енергетичного сектору.

Метою статті є аналіз можливостей біоенергетики та дослідження її компонентів для здійснення економічної оцінки в контексті забезпечення диверсифікації енергопостачання, формулювання практичних рекомендацій для учасників ринку енергетики.

Виклад основних результатів дослідження. Виробництво енергії з біомаси має довгий шлях в історії людства. Проте на сьогодні даний процес має складний

технологічний, економічний та соціальний характер, що включає в себе численні компоненти. Комплексний аналіз поточного стану та перспектив біоенергетики вимагає детальної оцінки поточних кількісних показників, які його характеризують, а також розгляду існуючих прогнозів щодо його розвитку. Біоенергетика займає важливе місце в структурі відновлювальних джерел енергії України. Аналіз статистичних даних свідчить, що у структурі виробництва енергії з ВДЕ в Україні енергія з біомаси займає вагому частку у 75%, а обсяг виробництва зріс до 4438 тис. т н.е. [12, с. 233]. У структурі виробництва електроенергії з ВДЕ частка біопалив зросла до 4,3% у 2020 р. [13]. Процес збільшення кількісних показників поєднується із появою нових напрямків, таких як виробництво біометану, що володіє значним експортним потенціалом та стає важливою частиною ринку енергетики [14, с. 9]. Аналіз показників та динаміки розвитку біоенергетичного сектору України демонструє стабільне зростання (рис. 1), підкреслює вагому роль біоенергетики у сфері відновлюваної енергетики. Таке внутрішнє виробництво палива з біомаси має перспективи в контексті зниження залежності від імпорту таких енергоносіїв як нафта і газ [15, с. 139], а в окремих випадках й

електроенергії. Зростання постачання первинної енергії з біопалив та відходів до 4241 тис. т н.е. (дані 2020 р.) еквівалентно заміщенню близько 5,2 млрд м³ природного газу [13]. Розширення частки біоенергетики у загальному енергетичному балансі сприяє його диверсифікації [3, с. 6] та підвищенню стійкості енергетичної системи до зовнішніх шоків.

Основою функціонування біоенергетики виступають відходи та продукти аграрного сектору економіки та лісової промисловості, що здатні забезпечити значну кількість біомаси, а також відходи споживання та виробництва. Водночас виробництво певного виду енергії вимагає ретельної оцінки наявних ресурсів біомаси в географічно близькому розташуванні та їх зміну в часі. Варто зазначити, що в період 2010-2021 рр. в Україні зростало виробництво сільськогосподарських культур, що, за умови збереження даної тенденції, забезпечує створення достатньої кількості біомаси, придатної для використання в якості сировини для виробництва палива чи переробки. Водночас важливо визначити частку біомаси, яку можна використати на енергетичні потреби без негативного впливу на родючість ґрунтів, а також інші сфери економіки де здійснюється переробка відходів біомаси.

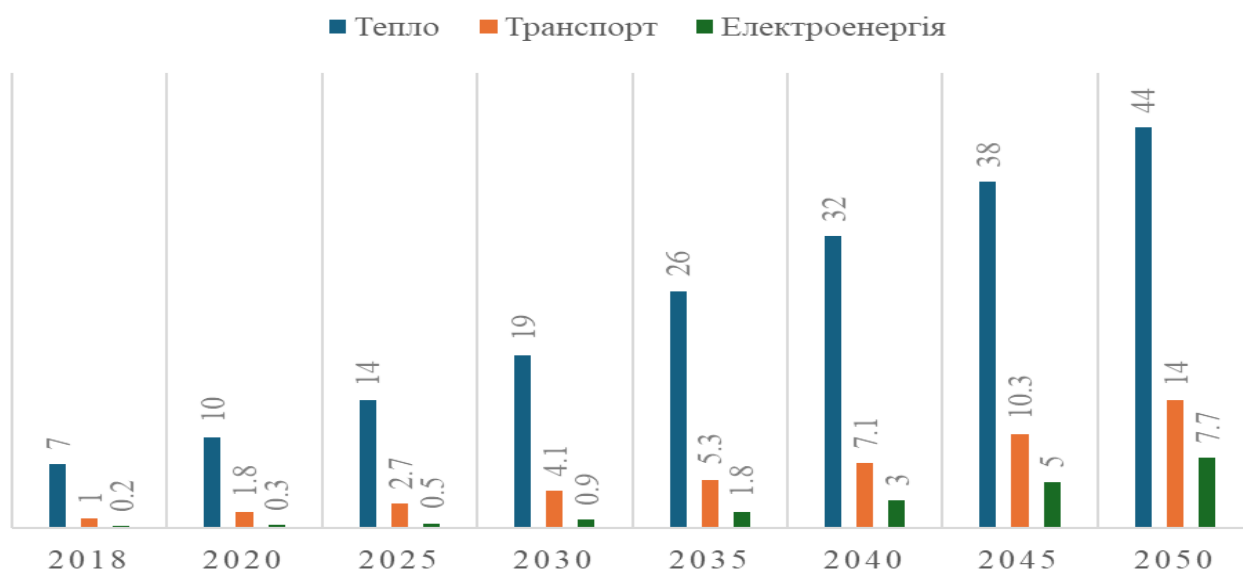


Рис. 1. Прогноз частки біомаси у виробництві видів енергії.

Джерело: сформовано автором на основі даних [11]

Протягом 2022-2025 рр. через безпосереднє ведення бойових дій чи близькість до них, відбулось забруднення територій вибухонебезпечними рештками, значно змінилась площа земель, які можна використовувати для ведення сільського господарства, а отже й кількість біомаси, яку можна залучити для сектору біоенергетики. Таким чином важливим питанням є оцінка технічно досяжного та економічно-обґрунтованого рівня використання біомаси в кожному з регіонів та доцільність виробництва біопалива в кожному з них.

На сьогодні основними складовими біоенергетичного потенціалу є сільськогосподарські залишки (солома, стебла кукурудзи, соняшника), відходи

деревообробної промисловості, енергетичні культури (верба, тополя, міскантус), побутові та промислові органічні відходи, а також відходи тваринництва. Енергетичний потенціал біомаси доступний для енергетики в Україні, без врахування тимчасово окупованих територій України, оцінюється в еквівалент більше ніж 25 млн т н.е. на рік [6, с. 79]. В той же час прогнозований потенціал виробництва біомаси в Україні на 2050 р. доступної для енергетики досягне 47.5 млн тон щорічно [11, с. 20]. Передбачається, що енергетичний потенціал біомаси в Україні до 2050 р. може мати наступний розподіл (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл енергетичного потенціалу біомаси

Біогаз	С/г залишки	Енергетичні рослини	Деревна біомаса	Рідке Біопаливо
43%	27%	16%	8%	6%
Разом 47.5 млн. т. н.е.				

Джерело: систематизовано на основі [11]

Наведені показники доступної біомаси та потенціал їх збільшення вказують на можливість зростання та перспективність сектору біоенергетики в цілому за рахунок збільшення доступності первинної сировини для виробництва енергії з біомаси. Проте слід зазначити, що інвестиції у вирощування енергетичних рослин окупаються протягом 8-10 рр., а їхня внутрішня норма рентабельності становить приблизно 10% [16, с. 96]. Через такі відносно низькі показники українські аграрії не виявляють значного інтересу до цього бізнесу, оскільки вирощування традиційних культур характеризується рентабельністю від 20%. Тому для підвищення привабливості та рентабельності проектів з вирощування енергетичних рослин, а також для скорочення терміну їх окупності, необхідна державна підтримка, подібна до існуючої в деяких країнах ЄС щодо компенсації витрат на створення плантацій енергетичних культур.

Слід зазначити, що розвиток біоенергетики в Україні відбувається за кількома напрямками. В структурі виробництва на сьогодні можна виділити тверде біопаливо – 70%, різні види газу – 15%, рідке біопаливо – 15%. Проте процентне прогнозоване співвідношення біопалив буде змінюватись в часі [6, с. 81] й частка біогазу в структурі українського виробництва має збільшитись до 42%, а твердої біомаси зменшитись до 52%, в той же час частка рідкого палива становитиме близько 6%. Дані зміни вказують на переорієнтацію виробництва та збільшенні зацікавленості у виробництві біогазу.

Історично склалось, що виробництво та використання твердого біопалива, такого як дрова, пелети, паливні брикети та тріска, отримало широке поширення в Україні. Згідно даних Всесвітньої біоенергетичної асоціації (WBA) [9] у структурі світового постачання біомаси близько 86% отримується з твердих джерел. Порівняння показників України та даних WBA дозволяє зазначити, що ситуація в Україні корелює з ними. Завдяки високій енергоємності, стандартизації характеристик та зручності транспортування й зберігання активно розвивається виробництво пелет. При цьому значна частина внутрішнього виробництва орієнтується саме на експорт, переважно до країн Європейського союзу. Тож тверде паливо вже сьогодні виступає важливим інструментом для заміщення викопних енергоресурсів та має вагомий експортний потенціал. Водночас на внутрішньому ринку споживачі здійснюють поступове переобладнання для заміни традиційних енергоносіїв на відновлювальні. Через потенційне збільшення використання біомаси також постає питання щодо недостатньо ефективного використання залишків сільськогосподарської продукції та відходів деревообробної промисловості, які можуть бути

перероблені в тверде паливо. Дослідження вказують, що рентабельність проектів з виробництва твердого палива, попри залежність від багатьох факторів, може досягати 121% при терміні реалізації проекту в 5 років з дисконтованим терміном окупності 4,8 роки [18, с. 220]. Щодо терміну окупності проектів, які застосовують тверду біомасу, то він становить 2-3 роки для промислового та бюджетного секторів і 8-10 років – для ЖКГ [19, с. 17]. Тож тверде паливо вже сьогодні виступає важливим інструментом для заміщення викопних енергоресурсів та має вагомий експортний потенціал.

Важливим компонентом української біоенергетики є виробництво рідкого біопалива – біодизеля та біоетанолу. Так у глобальному вимірі згідно [20, с. 72] біоетанол на 64% виробляється з кукурудзи, тоді як біодизель на 77% – з рослинних олій, зокрема: 37% – з ріпакової олії, 27% – із соєвої, 9% – з пальмової. Крім того 21% припадає на використання відпрацьованих олій. Приведені показники корелюють з показниками аграрного експорту України, в якому зернові становлять 48%, а олійні – 23%. Порівняння структури розподілу використання біомаси в світовому виробництві та України дозволяють припустити, що можливе подальше зростання та розвиток ринку рідкого біопалива в Україні. Хоча станом на 2021 р. біодизель та біоетанол займали відносно невелику частку у 3% кожен в структурі енергетичного потенціалу [6, с. 80], проте аналітичні оцінки вказують на значний потенціал і в даному напрямку. Так об'єм виробництва біоетанолу оцінюється у 0,8 млн тон на 2025 р. з перспективою зростання до 2,3 млн тон до 2050 р. [21, с. 10], що дозволяє передбачити розширення існуючих та створення нових виробництв. Водночас, слід зазначити, що термін окупності виробництва значною мірою залежить від сировини, яка використовується. Так, за даними [22, с. 159-160], для біоетанолу з зерна кукурудзи термін окупності становить від 4 до 5 років, а для біоетанолу з соломи – вже більше 10 років. В той же час для біодизелю з насіння ріпаку чи з ріпакової олії термін окупності перебуває в діапазоні 8-10 років, а для біодизелю з відпрацьованої харчової олії близько 3,5 років. Підвищення рентабельності виробництва рідких палив можливе за рахунок зменшення капітальних та операційних витрат, а також переходу на обов'язкове використання біопалива в бензинових сумішах.

Ще одним перспективним напрямком, що динамічно зростає, є виробництво біогазу з відходів сільського господарства, харчової промисловості та органічних комунальних відходів. За даними дослідження [11] наша країна мала значний нереалізований потенціал для розвитку біогазового сектору. Вироблений біогаз може слугувати для отримання теплової чи

електричної енергії (в тому числі й брати участь в балансуванні), або ж бути в подальшому збагаченим до рівня біометану. Загалом в Україні у 2023 р. функціонували ТЕС/ТЕЦ на біомасі із загальною встановленою потужністю 178МВт, а також 135МВт для виробництва електроенергії з біогазу [23]. Дослідження [24, с. 11] вказують, що середній термін окупності проєктів переробки відходів життєдіяльності тварин в біогаз складає 2,5-5 років. Рівень рентабельності проєктів при тривалості в 5 років може досягати 113%.

Новим перспективним напрямком розвитку біоенергетики, який на сьогодні отримує значний імпульс, є виробництво біометану шляхом збагачення біогазу до якості природного газу. В Україні цей напрямок знаходиться на початковій стадії розвитку, а перший завод з виробництва біометану розпочав роботу лише у 2023 р. [25]. Станом на 2025 р. в Україні функціонують 3 заводи з виробництва біометану з сумарною річною продуктивністю 14 млн м. куб. на рік, а до 2030 р. об'єми його виробництва можуть досягти 1 млрд м. куб. з перспективою зростання до 4,5 млрд м³ до 2040 р. й 20 млрд м. куб. до 2050 р. [26]. Даний вид

палива демонструє найбільший потенціал зростання (рис. 2) та має значні перспективи для економіки України, а вироблений біометан станом на сьогодні вже експортується в країни Європейського союзу. Рентабельність виробництва додатково забезпечується премією згідно зеленого тарифу (різниця між ціною на природний газ та зеленим тарифом), що становить близько 20 євро за 1 МВт-год і це дозволяє очікувати окупність інвестицій в біогазовий завод з метою його переоснащення для виробництва біометану в 1,5-2 роки [27, с. 25]. Втім рентабельність виробництва біометану може коливатись в залежності від первинної сировини, а окупність інвестицій у виробництво біометану може становити до 4-х років. Крім того значний вплив на прибутковість подібних проєктів має поточна ціна на газ, оскільки при її значному зниженні виробництво може ставати нерентабельним. Проте варто звернути увагу й на додаткові джерела дохідності біометанових проєктів, зокрема: реалізацію біодобрив, використання двоокису вуглецю, що утворюється при очищенні біогазу, а також використання тепла для власних виробничих потреб.

Прогноз виробництва рідких палив та біометану до 2050р

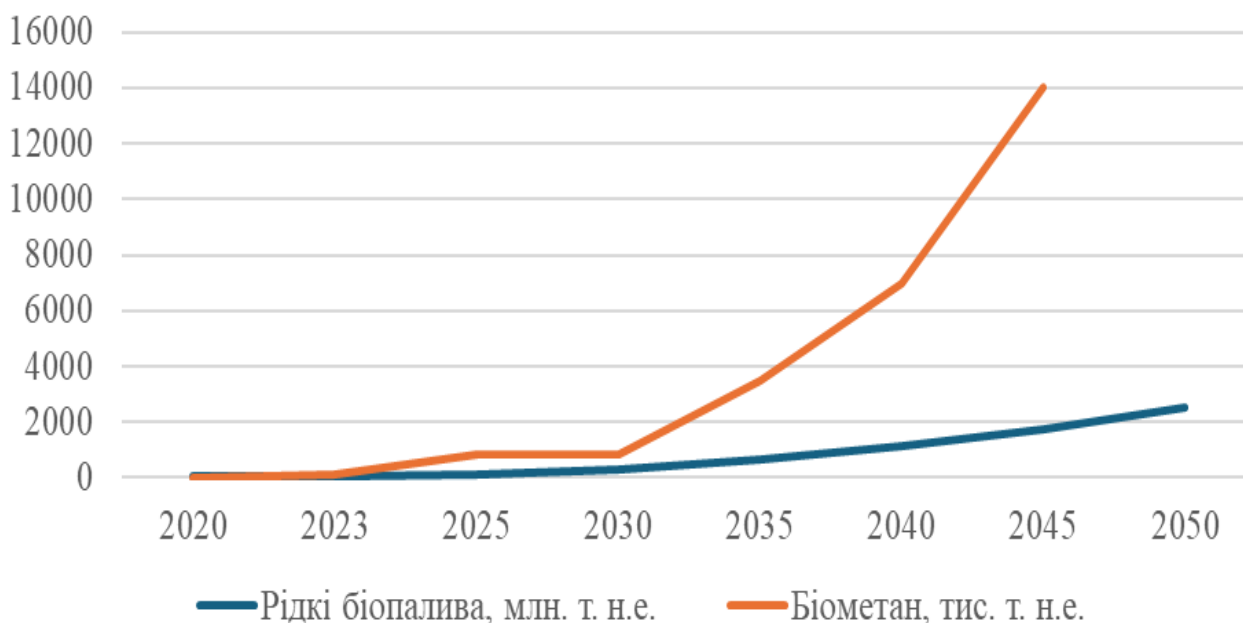


Рис. 2. Порівняння прогнозу виробництва рідких палив та біометану до 2050 р.

Джерело: сформовано автором на основі даних [6]

Слід зазначити, що відбувається адаптація законодавства для врегулювання цього нового для Українського ринку виду біопалива. Розвиток виробництва біометану регулюється Законом України № 1820-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо виробництва біометану» (від 21.10.2021), що закладає основу для виробництва та підтримується Законом України № 3311-IX «Про державну підтримку інвестиційних проєктів зі значними інвестиціями в Україні» (від 9.08.2023) році шляхом безпосереднього включення виробництва біогазу на біометану до

інвестиційних проєктів із значними інвестиціями. Збільшення об'ємів виробництва біометану та його споживання підкреслюють економічні перспективи виробництва даного виду палива (рис. 3). Водночас, крім кількісних показників для експорту біопалива до країн ЄС необхідна сертифікація ISCC EU для демонстрації відповідності критеріям сталого розвитку та зменшення викидів парникових газів. У зв'язку з цим необхідна синхронізація стандартів, щоб уникнути ускладнення процесів експорту.

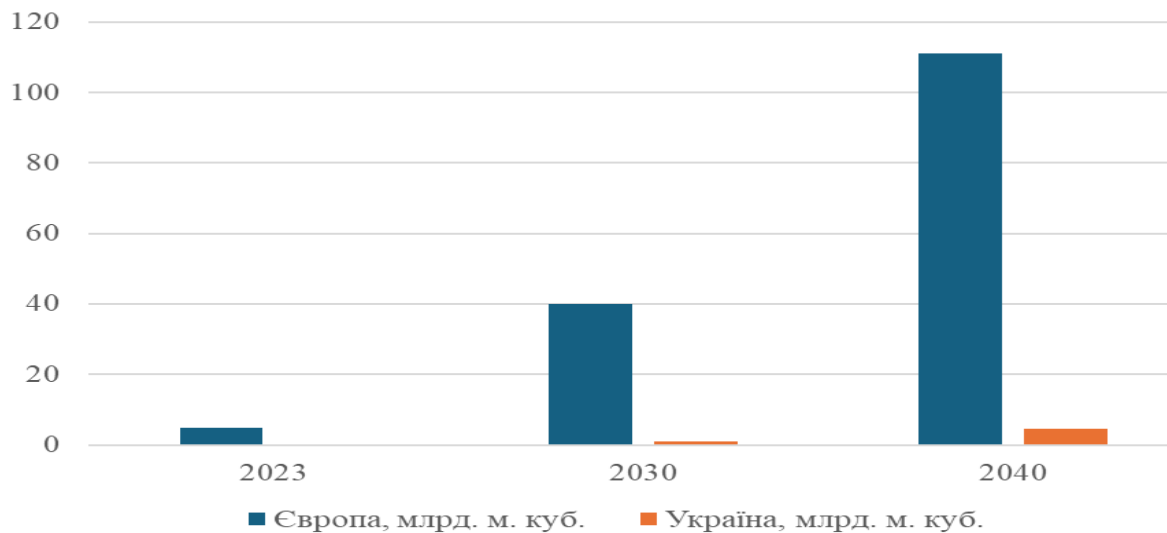


Рис. 3. Потужності виробництва біометану.

Джерело: сформовано автором на основі даних [6; 7; 8]

Окремої уваги заслуговує використання біомаси для виробництва електроенергії, оскільки, попри зростання рівня використання сонця та вітро-генерації, вони не завжди підходять для застосування у якості балансуєчих потужностей. Проте саме для такого сценарію балансування енергосистеми України підходить застосування переоснащених ТЕЦ на біомасі чи біогазі. Дане переобладнання вимагає залучення інвестицій та потребує подальших досліджень щодо ціноутворення як для електроенергії, так і тепла.

Як вже згадувалось вище, в Україні вже було встановлено майже 180 МВт генеруючих потужностей, а згідно Енергетичної стратегії України кількість таких потужностей має бути збільшена до 1,7 ГВт станом на 2035 р. [28, с. 149]. Загалом, відповідно до дорожньої карти до 2050 р., частка біомаси у виробництві електроенергії має зрости з 0,3% у 2020 р. до 7,7% у 2050 р. Варто відзначити, що генерація електроенергії та тепла з біомаси (так звана когенерація) є одним із пріоритетних напрямків розвитку біоенергетики, який має

підвищену економічну ефективність порівняно з підходом окремої генерації тепла та електроенергії і можна стверджувати, що даний підхід має здатність до забезпечення надійного постачання навіть в умовах військового стану [2, с. 7]. В контексті диверсифікованого конкурентного середовища для виробництва електроенергії з біомаси варто звернути увагу на той факт, що згідно даних Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA) у 2023 р. глобальна середньозважена нормована вартість електроенергії (LCOE) для сонячної та вітрової електрогенерації була меншою за вартість електрики отриманої від біомаси [29]. Слід зазначити, що показник LCOE для біоенергії змінився незначно з 2010 по 2023 р., в той час як для сонячної та вітрової електроенергії він значно знизився (рис. 4). Дана динаміка підкреслює зростаючу конкуренцію біоенергетичного сектору з іншими видами генерації електроенергії на глобальному рівні та вимагає подальшого.

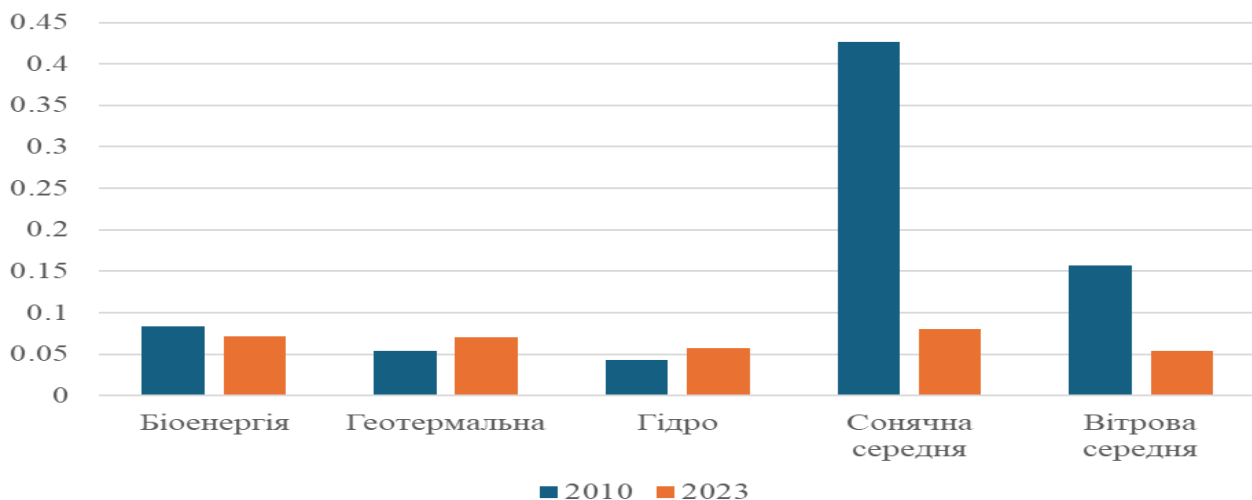


Рис. 4. Нормована вартість електроенергії USD kWh.

Джерело: сформовано автором на основі даних [29]

Для оптимізації витрат, підвищення рентабельності та економічної ефективності, підтримки потенціалу розвитку перспективним та економічно-доцільним виглядає напрям створення біоенергетичних кластерів, який дозволить використовувати спільну інфраструктуру, оптимізувати технологічні процеси виробництва, зберігання, транспортування, а також оптимальним чином використовувати залучені ресурси [2, с. 3]. Варто зауважити, що біоенергетичні проекти, які часто реалізуються на локальному рівні, можуть сприяти розвитку децентралізованого енергопостачання та підвищенню рівня енергетичної незалежності громад, сприяти впровадженню принципів сталого розвитку. Формування численних локальних біоенергетичних кластерів є особливо актуальним в умовах військового стану, коли централізовані енергетичні системи та ланцюжки поставок енергосистеми є вразливими до атак та можуть бути легко виведені з ладу.

Розвиток біоенергетики, що має кластеризований та локальний характер виробництва, має також вагомі соціально-економічні переваги, стимулюючи створення нових робочих місць [3, с. 6], розвиток сільських громад та залучення інвестицій у регіональну економіку. Так, за даними аналітичних досліджень, біогазова промисловість в Європі вже забезпечує понад 250 000 робочих місць, з яких приблизно 70 000 є прямими робочими місцями, а 170 000 – непрямыми [8]. Тому можна припустити, що розвиток біоенергетики в Україні також матиме позитивний вплив на ринок праці, а згідно Дорожньої карти спричинить створення понад 162 тис. прямих і непрямих робочих місць до 2050 р. Водночас збільшення конкуренції за продукцію аграрного сектору, яка виступає основним постачальником біомаси може підняти доходи підприємств сільського господарства та сприяти їх диверсифікації [15].

Можна підсумувати, що біоенергетика має можливість забезпечити і вже забезпечує диверсифікацію постачання рідких, твердих та газоподібних палив та має вагоме підґрунтя за рахунок значного потенціалу біомаси, проте є багаторівневим процесом в який залучені різні сектори економіки.

Виходячи з вищесказаного можна виділити три рівні впливу біоенергетики на економіку та енергетичну безпеку.

Сировинний рівень виробництва біомаси. На даному рівні розвиток біоенергетики стимулює створення робочих місць у сільському, лісовому господарстві, суміжних галузях, а вирощування енергетичних культур здатне надати альтернативні джерела доходу, забезпечуючи як диверсифікацію постачання первинної сировини для енергетичного сектору, так і надаючи додаткову стійкість функціонування підприємствам сектору. Попри поточну невисоку рентабельність на даному рівні відбувається підвищення інтересу до збільшення ефективності господарської діяльності, оптимізація процесів, розвиток нових напрямків створення біомаси.

Рівень виробництва енергії чи палив. Тут відбувається збільшення фактичної кількості компаній виробників, що збільшує пропозицію на енергетичному

ринку з однієї сторони, а з іншої - вимагає залучення більшої кількості кваліфікованої робочої сили, наукових установ, досліджень, інвестицій. Поєднання виробників біомаси, переробних підприємств, енергетичних компаній дозволяє формувати кластери, що забезпечуватимуть більш ефективне функціонування сектору. Локалізація виробництва дозволяє збільшити автономність функціонування громад та інших учасників економічних процесів, прокладаючи шлях застосуванню принципів сталого розвитку на місцевому рівні.

На *загальнодержавному рівні* розвиток біоенергетики здатний зміцнити енергетичну безпеку та незалежність через використання біопалив локального виробництва, зменшити імпортозалежність, покращити стан торговельного та платіжного балансу, зменшити геополітичні ризики. Збільшення виробництва біопалива поряд із зростанням попиту в Європейському союзі може сприяти його експорту, що дозволить отримати додаткові валютні надходження. Крім суто економічних ефектів збільшення використання біомаси в енергетиці дозволяє країні виконувати свої зобов'язання щодо боротьби зі зміною клімату та йти в ногу з міжнародними програмами, отримувати доступ до фінансування від міжнародних фондів, інтенсифікуючи інвестиції в сектор біоенергетики.

Таким чином, з вищевикладеного можна говорити про синергетичну диверсифікацію – з однієї сторони це диверсифікація для сектору енергетики в плані постачання сировини та виробництва енергетичних продуктів, а з іншої – диверсифікація для всіх учасників ланцюжка виробництва, які залучені в процес виробництва прямо чи опосередковано через відкриття додаткової ніші працевлаштування, фінансування, самозабезпечення енергією. Поєднання виробництва енергії та біомаси дозволяє створювати високо інтегровані виробничі комплекси, що матимуть значний вплив на функціонування громад, забезпечуючи, з однієї сторони, енергетичну самодостатність, а з іншого - значну кількість робочих місць.

Висновки. Сектор біоенергетики має значні перспективи в сфері забезпечення енергетичної безпеки України, а великий потенціал агропромислового комплексу України є запорукою наявності основи для таких очікувань. Наявність потенціалу біомаси, розширення виробництва та збільшення експортного потенціалу робить сектор біоенергетики цікавим для подальших інвестицій. Синергетичний ефект поєднання аграрного та енергетичного секторів разом із впровадженням нових технологій, інтенсифікації інвестицій, залучення міжнародного досвіду, створення численних децентралізованих кластерів з виробництва енергії біологічного походження може стати передумовою економічної та енергетичної стійкості, послужить запорукою для пом'якшення шоків станів економіки в поточних надзвичайних умовах та в подальшому розвитку економіки України. Хоча при збільшенні диверсифікації конкуренція з іншими джерелами ВДЕ енергії зростає і потребує подальшого дослідження, проте розширення використання біоенергетики залишається важливим для убезпечення від шоків станів сьогодення.

Інтенсифікація співпраці з Європейським союзом має значні перспективи із вагомим експортним потенціалом, а проєкція міжнародного досвіду на Україну дозволяє побачити шляхи розвитку сектору та потенційні інвестиційно привабливі напрямки. Водночас інтеграція в економічний та енергетичний простір Європи потребуватиме розробки вдосконаленої законодавчої бази та активізації стимулів з боку держави. Зважаючи на інтенсифікацію розвитку біоенергетичної галузі

слід очікувати зростання інвестицій в дану сферу, а також розширення міжнародної співпраці. Комплексне дослідження сфери біоенергетики вимагає подальшого визначення та дослідження взаємозв'язків між виробництвом різного типу, сфер застосування біоенергії, економічними, екологічними та інноваційними показниками для забезпечення сталого розвитку держави з надійним та диверсифікованим енергопостачанням.

Список використаних джерел:

1. Коломієць Т.В. (2024). Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану. Економіка та суспільство, Вип. 63, С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>.
2. Фурман І., Ксенчин Д. (2024). Розвиток біоенергетики в контексті забезпечення енергетичної безпеки України. Економіка та суспільство, № 61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-41>.
3. Лутковська С.М., Зеленчук Н.В. (2021). Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку. Ефективна економіка, № 12. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2>.
4. Бегун С.В. (2015). Розвиток біоенергетики в Україні: застосування досвіду ЄС. Аналітична записка НІСД. Київ, 15 с. URL: niss.gov.ua/sites/default/files/2015-12/bioenergetika-1b8be.pdf.
5. Калетнік Г.М., Пришляк Н.В. (2021). Розвиток галузі біопалив як детермінанта сталого розвитку України. Економіка АПК, № 2. С. 71–81. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102071>.
6. Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Кучерук П.П., Драгнев С.В. (2023). Аналіз перспективних напрямків використання енергетичного потенціалу біомаси України. Теплофізика та теплоенергетика, Т. 45. № 2. С. 77-86 DOI: <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2023.9>.
7. 22 bcm of biogases were produced in Europe in 2023, according to a new report released today. (2024). European Biogas Association. URL: <https://salolli/573AAb8>.
8. Матвеев Ю. (2025). Виробництво та використання біометану в європейських країнах: звіт ЄБА. SAF. URL: <https://saf.org.ua/en/news/2196/>.
9. Біоенергетика у 2023 році: глобальний статистичний звіт всесвітньої біоенергетичної асоціації (wba). (2023). SAF. URL: <https://saf.org.ua/news/1825/>.
10. Country Reports – update 2021. (2021). IEA Bioenergy. URL: <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/2021-country-reports>.
11. Дорожня карта розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року і План дій до 2025 року. (2020). Біоенергетична асоціація України. URL: <https://salolli/CA3Cb7f>.
12. Україна у цифрах 2021. Статистичний збірник. (2022). Держстат України. Київ, 46 с. URL: <https://salolli/2EC46eB>.
13. Біоенергетика зросла на 26% за 2020 і заміщує 5,2 млрд м³ природного газу/рік. (2021). Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/news/11886/>.
14. Bohushenko A., Epik O., Naumenko D., Łoskot-Strachota A., Zachmann G., Zaniewicz M. (eds). (2024). Harvesting green energy: The potential of Ukraine-EU biomethane cooperation. Ukrainian Climate Office. URL: <https://ukrainian-climate-office.org/wp-content/uploads/2024/12/Biomethane-02.12.20242.pdf>.
15. Коломієць Т.В. (2024). Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану. Економіка та суспільство, Вип. 63. С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>.
16. Гелетука Г.Г., Железна Т., Матвеев Ю., Кучерук П., Драгнев С., Крамар В., Зубенко В., Баштовий А., Гайдай О., Радченко С., Пастух А., Трибой О. (2022). Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи. К.: Академперіодика, 343 с. DOI: <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.464.373>.
17. Кизим М.О., Хаустова В.Є., Костенко Д.М., Котляров Є.І., Салашенко Т.І., Губарева І.О. (2023). Економічна доцільність виробництва твердого біопалива з енергетичних культур в Україні: монографія. Харків: ФОП Лібуркіна Л.М. URL: <https://salolli/1FA171B>.
18. Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Кучерук П.П., Олійник Є.М. (2014). Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні: аналітична записка БАУ № 9. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/05/position-paper-uabio-9-ua.pdf>.
19. Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Вовк В.Ю. (2023). Оцінка біоенергетичного потенціалу АПК для забезпечення енергетичної незалежності галузі. Проблеми економіки, № 3. С. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-71-80>.
20. Pimenow, S., Pimenowa, O., Moldavan, L., Udova, L., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2025). Transforming Agriculture into Energy: Unlocking Ukraine's Bioenergy Potential for Sustainable Post-Conflict Recovery. Energies, No. 18(5). P. 1212. DOI: <https://doi.org/10.3390/en18051212>.
21. Железна Т.А., Драгнев С.В. (2023). Поточний стан та перспективи розвитку ринку біоетанолу і

- біодизелю в Україні. Енергетика і автоматика, № 4. С. 153. DOI: [https://doi.org/10.31548/energiya4\(68\).2023.153](https://doi.org/10.31548/energiya4(68).2023.153).
22. Виробництво електроенергії з ВДЕ у 2023 році. (2024). SAF Україна. URL: <https://saf.org.ua/news/1866/>.
 23. Мірзоева Т.В., Ткач Н.М. (2022). Аналіз економічної ефективності переробки відходів тваринництва у біогаз у контексті загроз енергетичній безпеці держави. Біоекономіка і аграрний бізнес. URL: <https://salo.li/0A2A4d6>.
 24. Україна розпочала виробництво біометану. (2023). SAF Україна. URL: <https://saf.org.ua/news/1652/>.
 25. Гелетука Г.Г. (2023). Поточний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. URL: <https://salo.li/032DB6B>.
 26. Гольц А.-К., Романов О., Делідон Р. (2023). Використання потенціалів: вибудовування німецько-української біометанової кооперації. (2023). URL: <https://salo.li/9495281>.
 27. Гелетука Г.Г. (2020). Застосування ТЕІ на біомасі для балансування енергосистеми України. Теплофізика та теплоенергетика, №. 42(). С. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2020.5>.
 28. Renewable power generation costs in 2023: Executive summary. (2024). URL: <https://salo.li/5709c1C>.
 29. Коломієць Т.В. (2024). Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану. Економіка та суспільство, Вип. 63, С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>.

References:

1. Kolomiets, T.V. (2024). Rozvytok vyrobnytstva biopalyva v Ukraini pid chas viiskovoho stanu [Development of biofuel production in Ukraine during martial law]. Economy and Society, No. 63. Pp. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>. [in Ukrainian].
2. Furman, I., & Ksenchyn, D. (2024). Rozvytok bioenerhetyky v konteksti zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Development of bioenergy in the context of ensuring Ukraine's energy security]. Economy and Society, No. 61. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-41>. [in Ukrainian].
3. Lutkovska, S.M., & Zelenchuk, N.V. (2021). Rozvytok bioenerhetyky v Ukraini – enerhetychna ta ekonomichna bezpeka v umovakh staloho rozvytku [Development of bioenergy in Ukraine – energy and economic security in the context of sustainable development]. Efficient Economy, No. 12. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2>. [in Ukrainian].
4. Behun, S.V. (2020). Rozvytok bioenerhetyky v Ukraini: zastosuvannya dosvidu YeS [Development of bioenergy in Ukraine: applying EU experience]. Energy and Technogenic Safety. Series «National Security», No. 28. Pp. 1–15. Retrieved from: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2015-12/bioenergetika-1b8be.pdf>. [in Ukrainian].
5. Kaletnik, H. M., & Pryshliak, N. V. (2021). Rozvytok haluzi biopaliv yak determinanta staloho rozvytku Ukrainy [Development of the biofuel sector as a determinant of sustainable development of Ukraine]. Ekonomika APK, No. 2 Pp. 71–81. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102071>. [in Ukrainian].
6. Heletukha, H.H., Zhelezna, T.A., Kucheruk, P.P., & Drahnev, S.V. (2023). Analiz perspektyvnykh napriamkiv vykorystannia enerhetychnoho potentsialu biomasy Ukrainy [Analysis of promising directions for the use of the energy potential of biomass in Ukraine]. Thermophysics and Thermal Engineering, No. 45(2). DOI: <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2023.9>. [in Ukrainian].
7. 22 bcm of biogases were produced in Europe in 2023, according to a new report released today. (2024). European Biogas Association. Retrieved from: <https://salo.li/573AAb8>. [in English].
8. Matvieiev, Y. (2025). Vyrobnystvo ta vykorystannia biomethanu v yevropeiskykh krainakh: zvit EBA [Production and use of biomethane in European countries: EBA report]. Retrieved from: <https://saf.org.ua/en/news/2196/>. [in Ukrainian].
9. Bioenergetyka u 2023 rotsi: hlobalnyi statystychnyi zvit [Bioenergy in 2023: global statistical report]. SAF. Retrieved from: <https://saf.org.ua/news/1825/>. [in Ukrainian].
10. Country reports – update 2021. IEA Bioenergy. Retrieved from: <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/2021-country-reports>. [in English].
11. Dorozhnia karta rozvytku bioenerhetyky v Ukraini do 2050 roku i Plan dii do 2025 roku [Roadmap for bioenergy development in Ukraine until 2050 and action plan until 2025]. (2020). Bioenergy Association of Ukraine. Retrieved from: <https://salo.li/CA3Cb7f>. [in Ukrainian].
12. Ukraina u tsyfrakh 2021. Statystychnyi zbirnyk [Ukraine in Figures 2021. Statistical Collection]. (2022). State Statistics Service of Ukraine. Kyiv. (2022). Retrieved from: <https://salo.li/2EC46eB>. [in Ukrainian].
13. Bioenerhetychna Asotsiatsiya Ukrainy [Bioenergy Association of Ukraine]. (2021). Bioenerhetyka zrosla na 26% za 2020 i zamishchuie 5,2 mlrd m³ pryrodnoho hazu/rik [Bioenergy grew by 26% in 2020 and replaces 5.2 billion m³ of natural gas per year]. Retrieved from: <https://uabio.org/news/11886/>. [in Ukrainian].
14. Bohushenko A., Epik O., Naumenko D., Łoskot-Strachota A., & Zachmann G., Zaniewicz M. (eds). (2024). Harvesting green energy: The potential of Ukraine-EU biomethane cooperation. Ukrainian Climate Office. URL: <https://ukrainian-climate-office.org/wp-content/uploads/2024/12/Biomethane-02.12.20242.pdf>. [in English].
15. Kolomiets, T.V. (2024). Rozvytok vyrobnytstva biopaliva v Ukraini pid chas viiskovoho stanu [Development of biofuel production in Ukraine during martial law]. Economy and Society, No. 63. Pp. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>. [in Ukrainian].

16. Heletukha, H.H., Zhelezna, T., Matvieiev, Y., Kucheruk, P., Drahnev, S., Kramar, V., Zubenko, V., Bashtovyi, A., Haidai, O., Radchenko, S., Pastukh, A., & Tryboi, O. (eds). (2022). *Vyrobnytstvo enerhii z biomasy v Ukraini: tekhnolohii, rozvytok, perspektyvy* [Energy production from biomass in Ukraine: technologies, development, prospects]. Kyiv: Akademperiodyka. DOI: <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.464.373>. [in Ukrainian].
17. Kyzym, M.O., Khaustova, V.Ye., Kostenko, D.M., Kotliarov, Ye.I., Salashenko, T.I., & Hubarieva, I.O. (2023). *Ekonomichna dotsilnist vyrobnytstva tverdoho biopaliva z enerhetychnykh kultur v Ukraini: kol. monohrafiia* [Economic feasibility of solid biofuel production from energy crops in Ukraine: collective monograph]. Retrieved from: <https://salo.li/1FA171B>. [in Ukrainian].
18. Heletukha, H.H., Zhelezna, T.A., Kucheruk, P.P., & Oliinyk, Ye.M. (2014). *Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini: analitychna zapyska BAU № 9* [Current state and prospects of bioenergy development in Ukraine: analytical note of BAU No. 9]. Retrieved from: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/05/position-paper-uabio-9-ua.pdf>. [in Ukrainian].
19. Honcharuk, I.V., Pansyryeva, H.V., & Vovk, V.Yu. (2023). *Otsinka bioenerhetychnoho potentsialu APK dlia zabezpechennia enerhetychnoi nezalezhnosti haluzi* [Assessment of bioenergy potential of the agro-industrial complex for ensuring the energy independence of the sector]. *The Problems of Economy*, No. 3. Pp. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-71-80>. [in Ukrainian].
20. Pimenow, S., Pimenowa, O., Moldavan, L., Udova, L., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2025). *Transforming Agriculture into Energy: Unlocking Ukraine's Bioenergy Potential for Sustainable Post-Conflict Recovery*. *Energies*, No. 18(5). P. 1212. DOI: <https://doi.org/10.3390/en18051212>.
21. Zhelezna, T.A., & Drahnev, S.V. (2023). *Potochnyi stan ta perspektyvy rozvytku rynku bioetanolu i biodyzeliu v Ukraini* [Current state and prospects of bioethanol and biodiesel market development in Ukraine]. *Energy and Automation*, No. 4, P. 153. DOI: [https://doi.org/10.31548/energiya4\(68\).2023.153](https://doi.org/10.31548/energiya4(68).2023.153). [in Ukrainian].
22. *Vyrobnytstvo elektroenerhii z VDE u 2023 rotsi* [Electricity production from renewable energy sources in 2023]. (2024). SAF Ukraina. Retrieved from: <https://saf.org.ua/news/1866/>. [in Ukrainian].
23. Mirzoieva, T.V., & Tkach, N.M. (2022). *Analiz ekonomichnoi efektyvnosti pererobky vidkhodiv tvarynnystva u biohaz u konteksti zahroz enerhetychnii bezpetsi derzhavy* [Analysis of economic efficiency of livestock waste processing into biogas in the context of threats to the state's energy security]. *Bioeconomy and Agrarian Business*. Retrieved from: <https://salo.li/0A2A4d6>. [in Ukrainian].
24. *Ukraina rozpochala vyrobnytstvo biomethanu* [Ukraine has started biomethane production]. (2023). SAF Ukraina. Retrieved from: <https://saf.org.ua/news/1652/>. [in Ukrainian].
25. Heletukha, H.H. (2023). *Potochnyi stan ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini* [Current state and prospects of bioenergy development in Ukraine]. Retrieved from: <https://salo.li/032DB6B>. [in Ukrainian].
26. Goltz, A.-K., Romanov, O., & Delidon, R. (2023). *Vykorystannia potentsialiv: vybudovuvannia niמעцьko-ukrainskoi biomethanovoi kooperatsii* [Utilizing potentials: building German-Ukrainian biomethane cooperation]. Retrieved from: <https://salo.li/9495281>. [in Ukrainian].
27. Heletukha, H.H. (2020). *Zastosuvannia TEC na biomasi dlia balansuvannia enerhosystemy Ukrainy* [Application of CHP on biomass for balancing the energy system of Ukraine]. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, No. 42(3). Pp. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2020.5>. [in Ukrainian].
28. *Renewable power generation costs in 2023: Executive summary*. (2024). URL: <https://salo.li/5709c1C>.
29. Kolomiets, T.V. (2024). *Rozvytok vyrobnytstva biopalyva v Ukraini pid chas viiskovoho stanu* [Development of biofuel production in Ukraine during martial law]. *Economy and Society*, No. 63. Pp. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>. [in Ukrainian].